

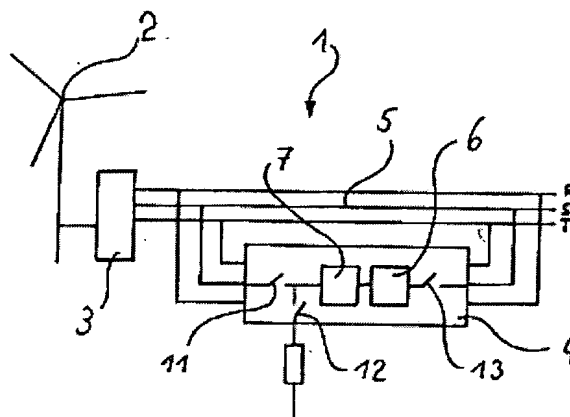
Device for improving mains compatibility of wind-power plants with asynchronous generators

Patent number: DE19651364
Publication date: 1998-06-25
Inventor: SCHMIDT GUENTER (DE)
Applicant: NORDEX EN ANLAGEN GMBH (DE)
Classification:
- **international:** F03D9/00; H02J3/38; H02P9/10; F03D9/00; H02J3/38; H02P9/10; (IPC1-7): H02P9/46; H02J15/00; H02M5/42
- **europaean:** F03D9/00C2; H02J3/38; H02P9/10B
Application number: DE19961051364 19961210
Priority number(s): DE19961051364 19961210

Report a data error here

Abstract of DE19651364

The connection of the output of an asynchronous generator 3 to a mains power supply is made with an electronically controlled unit 4. The generator is driven by a wind turbine 2. The control unit has a buffer energy storage 7 device with switching elements 11-13. The buffer serves to reduce the level of any voltage transients.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 196 51 364 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
H 02 P 9/46
H 02 M 5/42
H 02 J 15/00

②1 Aktenzeichen: 196 51 364.2
②2 Anmeldetag: 10. 12. 96
④3 Offenlegungstag: 25. 6. 98

DE 196 51 364 A 1

⑦1 Anmelder:
NORDEX Energie-Anlagen GmbH, 31737 Rinteln,
DE

⑦4 Vertreter:
Söffge, F., Dipl.-Phys.Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 80809
München

⑦2 Erfinder:
Schmidt, Günter, 31737 Rinteln, DE

⑤6 Entgegenhaltungen:

DE 28 53 207 A1
EP 06 66 632 A1

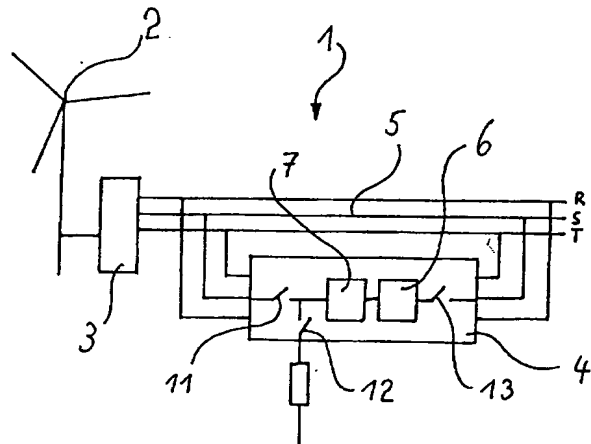
Fiß, H.J. Wiedemann, W., Weck, K.H., Weinl,
F.: Netzurückwirkungen und Netzanbindung von
Windenergieanlagen, In: Elektrizitätswirtschaft,
Jg. 91, 1992, S. 1424-1434;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Vorrichtung zur Verbesserung der Netzverträglichkeit von Windkraftanlagen mit Asynchrongeneratoren

⑤1 Die vorliegende Erfindung betrifft eine Einrichtung (4), die die Netzverträglichkeit von Windkraftanlagen (1) zur Einspeisung in das öffentliche Stromversorgungsnetz (5) ermöglicht. Dem öffentlichen Versorgungsnetz (5) ist dabei eine elektronisch gesteuerte Einrichtung (4) parallelgeschaltet, die einen Energie-Zwischenspeicher (7) beinhaltet. Mit dieser Einrichtung können Schaltspitzen (8), die bei verschiedenen Schaltvorgängen im Netz auftreten, weitgehend verringert werden.



DE 196 51 364 A 1

Gemäß des Oberbegriffs des Anspruchs 1 bezieht sich die vorliegende Erfindung auf eine Vorrichtung zur Verbesserung der Netzverträglichkeit von Windkraftanlagen mit Asynchrongeneratoren, die an ein Stromversorgungsnetz angeschlossen sind.

Windenergieanlagen, die an ein Stromversorgungsnetz gekoppelt sind, sind im Stand der Technik wohlbekannt. Problematisch an diesen netzgekoppelten Windkraftanlagen ist die Tatsache, daß die elektrischen Schwankungen einer derartigen Windkraftanlage verhältnismäßig groß sind, da Schwankungen der Windkraft sich direkt auf die Leistungsabgabe der Asynchrongeneratoren auswirkt.

Ein anderes Problem stellt die Wechselwirkung von untereinander gekoppelten Windkraftanlagen dar. Ein wesentlicher Auslöser derartiger Störungen ist der sogenannten Turmstauereffekt, d. h. daß eine Leistungsschwankung entsteht, wenn das Rotorblatt einer Windkraftanlage im Turmbereich eine Zone verringerter Windgeschwindigkeit durchquert. Beim Synchronlaufüberlagern sich die Schwankungen der einzelnen Anlagen im gemeinsamen Netzeinspeisepunkt zu einer maximalen Spannungsschwankung, die zu einem erheblichen Flicker führt. Die Wechselwirkung zwischen den Windkraftanlagen erfolgt über die aus den Leistungsschwankungen resultierenden Spannungsschwankungen.

Der Betrieb einer Windkraftanlage am Netz ist dann zulässig, wenn bestimmte Grenzwerte der Spannungsschwankungen nicht überschritten werden. Die Spannungsänderungen ΔU müssen $\leq 3\%$ sein, und der Langzeitflicker A_L ist $\leq 0,1$ zu halten.

Ein- und Ausschaltvorgänge führen ebenfalls zu Spannungsänderungen. Drehzahlvariable Windkraftanlagen haben netzgeführte Frequenzumrichter, die für Oberschwingungen verantwortlich sein können. Diese wirken sich störend auf andere Verbraucher aus und erzeugen zusätzliche Verluste und Erwärmungen im Netz.

Der Einschaltvorgang einer Windkraftanlage mit direkt netzgekoppeltem Asynchrongenerator läuft üblicherweise wie folgt ab: Nach dem Einschaltsignal bleibt die Anlage zunächst noch eine gewisse Zeit, beispielsweise 1 Minute, in Ruheposition. Danach wird die Anlage ohne Netzkopplung vom Wind hochgefahren, bis die Synchrondrehzahl erreicht ist. In diesem Moment schaltet ein Thyristorsteller den Generator auf das Netz, wobei der Thyristorsteller den Einschaltstrom des Generators begrenzt. Nach einigen Sekunden wird der Thyristorsteller durch einen Netzschütz überbrückt, so daß der Generator direkt am Netz liegt. Beim Aufschalten einer einzelnen Windkraftanlage ist ein verhältnismäßig großer Blindleistungsbedarf notwendig. Diese Blindleistung belastet das Netz ebenfalls. Ähnliche Verhältnisse herrschen beim Aufschalten von Windkraftanlagen in einem sogenannten Windpark, bei dem eine Mehrzahl von Windkraftanlagen zusammengeschaltet sind.

Ein Thyristorsteller erzeugt durch die Phasenanschnittsteuerung Oberschwingungen höherer Ordnung. Die langwelligen Leistungsschwankungen, die ebenfalls auftreten, werden durch eine Vielzahl von Parametern erzeugt, die an dieser Stelle nicht näher erläutert werden.

Der Gesamtkomplex dieser oben aufgezeigten Probleme birgt eine Menge zu lösender Einzelaufgaben, die durch die Vielzahl der Windkraftanlagen und die Leistungssteigerung in den Megawattbereich besonders relevant erscheinen. Um die vorhandene Aufnahmefähigkeit der EVU-Netze weitmöglichst auszunutzen, ist daher eine Verbesserung der Netzverträglichkeit der Windkraftanlagen wünschenswert. Viele Windkraftanlagen, die bereits an das EVU-Netz direkt

gekoppelt sind, haben zwar den Vorteil, daß sie robuste Generatoren sowie einfache Steuerschranke und oberwellenfreie Netzströme erzeugen und darüber hinaus einfach und kostengünstig sind, weisen jedoch durch die starre Netzkopplung erhebliche Netzflicker-Rückwirkungen je nach Rotordrehzahl zwischen 1 bis 2 Hz auf. Dieser Effekt tritt besonders bei großen Windkraftanlagen auf und führt dazu, daß nur wenige Windkraftanlagen an ein vorhandenes EVU-Netz angeschlossen werden dürfen.

Daher ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung bereitzustellen, die in der Lage ist, die Netzverträglichkeit mindestens einer Windkraftanlage mit einfachen kostengünstigen Mitteln zu verbessern.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäße durch die kennzeichnenden Merkmale des Hauptanspruchs gelöst.

Danach ist die erfindungsgemäße Windkraftanlage mit einem vom Wind getriebenen Rotor, der mechanisch mit einem Asynchrongenerator gekoppelt ist, der an ein öffentliches Stromversorgungsnetz angeschlossen ist, gekennzeichnet durch einen rechnergesteuerten Umrichter mit einem Gleichstromzwischenkreis und einem Zwischenspeicher, der kurzfristige, vom Leistungsmittelwert abweichende positive Leistungsschwankungen aufnimmt und zeitversetzt wieder abgibt.

Die Methode, nach der diese Windkraftanlage zur Verbesserung der Netzverträglichkeit mit Asynchrongeneratoren bei Zuschaltung an das öffentliche Stromversorgungsnetz arbeitet, zeichnet sich dadurch aus, daß eine elektronisch gesteuerte Einrichtung die kurzfristigen, vom Mittelwert abweichenden positiven Leistungsschwankungen aufnimmt und zeitversetzt wieder abgibt.

Ein Grundgedanke dieser Erfindung ist es, die Netzverträglichkeit eines Asynchrongenerators dadurch zu verbessern, daß ein Zwischenspeicher vom Mittelwert überschüssige Leistung aufnimmt und zu einem passenden Zeitpunkt später wieder abgibt. Dadurch wird die Leistungsabgabe gelättet und der Flickerwert erniedrigt. Für den Fall, daß lediglich die Energie der Leistungsschwankungen aufgenommen werden soll, reicht ein Speicher aus, der beispielsweise 10% der Nennleistung bei einer Speicherdauer von maximal einigen Sekunden aufweist. Um Leistungsspitzen bei auftretenden Schaltvorgängen bei geladenem Zwischenspeicher zu verhindern, wird die überschüssige Energie dann in Wärme umgesetzt.

Die Steuerung besteht vorzugsweise aus einem rechnergesteuerten Umrichter mit einem Gleichstromzwischenkreis, in dem Spulen bzw. Kondensatoren oder andere Speichermittel als Zwischenspeicher eingesetzt werden können. Die Energieableitung kurzfristiger Leistungsspitzen höherer Ordnung werden mittels eines passiven Bauelements abgeleitet, wobei das Bauelement als Heizelement ausgebildet sein kann.

Vorteilhafterweise ist der Umrichter ein Wechselrichter, mit einem Gleichstromzwischenkreis, das heißt, daß der Wechselstrom in Gleichstrom und anschließend wieder in Wechselstrom umgerichtet wird. Derartige Umrichter sind kommerziell Stand der Technik.

Weitere erfindungswesentliche Merkmale sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Im nun folgenden wird die vorliegende Erfindung anhand von Zeichnungen im einzelnen näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Prinzipschaltung der gesamten Windkraftanlage (1);

Fig. 2 ein Zeit-Leistungsdiagramm, bei dem eine Schaltspitze (8) auftritt;

Fig. 3 ein Zeit-Leistungsdiagramm, bei dem eine Leistungsspitze (8') über der maximal zulässigen Leistung (P_{max}) auftritt.

Die Fig. 1 zeigt eine Prinzipschaltung der gesamten Windkraftanlage 1. Die Windkraftanlage 1 weist einen Rotor 2 auf, dessen Rotorblätter (hier drei) je nach Windrichtung und Windstärke verstellbar sind. Die Rotorebene kann dabei vertikal oder horizontal liegen. Kraftschlüssig mit dem Rotor 2 ist ein Asynchrongenerator 3 verbunden, der eine abzugebende elektrische Leistung erzeugt. Diese elektrische Leistung wird in das öffentliche Netz 5 bei Bedarf eingespeist, das im allgemeinen die Phasen R, S, T aufweist. Diesem öffentlichen Netz 5 ist die erfindungsgemäße Einrichtung 4 parallelgeschaltet, die eine Mehrzahl von Schaltern 11, 12, 13 beinhaltet. In dieser elektronisch gesteuerten Einrichtung 4 befindet sich ebenfalls ein kommerziell erhältlicher Umrichter, der Wechselstrom über einen Gleichstromkreis in Wechselstrom wandelt. Da dieser Umrichter nicht Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist, wird er an dieser Stelle nicht näher beschrieben. Zu der elektronisch gesteuerten Einrichtung 4 gehört als Kernstück ein Zwischenspeicher 7, der kurzfristige, vom Mittelwert abweichende positive Leistungsschwankungen aufnimmt und sie mittels elektronisch gesteuerter Schalter 11, 12, 13 zeitversetzt wieder abgibt. Der zeitliche Abstand wird durch die elektronische Steuerung geregelt. Für den Fall, daß die maximal zulässige Leistungsabgabe der Windkraftanlage 1 erreicht ist, wird die gespeicherte Energie im Speicher 7 über einen Schalter 12 und ein passives Bauelement 10 abgeleitet. Dieses passive Bauelement 10 kann beispielsweise ein Heizelement, d. h. ein ohmscher Widerstand.

Als Zwischenspeicher 7 kommen verschiedene Speichermittel in Frage, beispielsweise eine Spule ausreichender Induktivität (L) oder ein Kondensator mit ausreichender Kapazität (C). Denkbar ist auch eine mechanische Energiespeicherung mittels eines Schwungrades oder dergleichen.

In Fig. 2 ist ein Zeit-Leistungsdiagramm $P(t)$ gezeigt, in dem Schwankungen vom Leistungsmittelwert eingetragen sind. Im vorderen Teil des Diagramms sind regelmäßige Leistungsschwankungen eingezeichnet, die primär beim Flügeldurchgang durch den Turmschatten erzeugt werden. Die Frequenz derartiger regelmäßiger Schwankungen liegt zwischen 1 bis 3 Hz. Unabhängig davon treten bei verschiedenen Schaltvorgängen unkontrollierte Schaltspitzen 8 auf, die sich störend auf die Netzverträglichkeit der Windkraftanlage 1 auswirken, wie dies weiter oben bereits erwähnt wurde. Diese Spannungsspitzen 8 dürfen grundsätzlich einen in den DIN-Vorschriften festgelegten Grenzwert von ca. 3% nicht überschreiten. Diese Schaltspitzen 8 können mittels eines erfindungsgemäßen Zwischenspeichers 7 aufgefangen werden, um damit eine relative Glättung der eingespeisten Leistung zu erzielen, wodurch die Netzverträglichkeit erheblich verbessert wird.

In Fig. 3 ist ein Zeit-Leistungsdiagramm dargestellt, in dem als Grenzwert die maximal einzuspeisende Leistung P_{\max} parallel zur Zeitachse (t) verläuft. Für den Fall, daß die maximale zulässige Einspeiseleistung (P_{\max}) überschritten wird, ist es Aufgabe der elektronischen Steuereinrichtung 4 die überschüssige Leistung 8' über ein passives Bauelement 10 abzuleiten, indem der Schalter 12 geschlossen wird.

Die vorliegende Erfindung dient also dazu, Leistungs- bzw. Spannungsspitzen, die während der Schaltvorgänge im Netz auftreten, zu vermindern, um damit die Netzverträglichkeit von Windkraftanlagen oder auch anderen Stromerzeugungsanlagen wie beispielsweise photovoltaische Erzeugerquellen zu verbessern.

tor (3) gekoppelt ist, wobei der Asynchrongenerator (3) an ein öffentliches Stromversorgungsnetz (5) angeschlossen ist, gekennzeichnet durch einen rechnergesteuerten Umrichter (6) mit einem Gleichstromzwischenkreis mit Zwischenspeicher (7), der kurzfristige, vom Leistungsmittelwert (9) abweichende positive Leistungsschwankungen (8) aufnimmt und zeitversetzt wieder abgibt.

2. Windkraftanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der mindestens eine Zwischenspeicher (7) ca. 10% der Nennleistung des Asynchrongenerators (3) während mindestens einer Sekunde aufnimmt.

3. Windkraftanlage nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß der rechnergesteuerte Umrichter (6) mindestens einen elektronisch gesteuerten Schalter (11, 12, 13) aufweist.

4. Windkraftanlage nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Zwischenspeicher (7) mittels eines passiven Bauelements (10) über einen Schalter (12) entladen wird.

5. Verfahren zur Verbesserung der Netzverträglichkeit von Windkraftanlagen mit Asynchrongeneratoren (3), die an das öffentliche Stromversorgungsnetz (5) gekoppelt sind, gekennzeichnet durch eine elektronisch gesteuerte Einrichtung (4), die kurzfristige, vom Mittelwert abweichende positive Leistungsschwankungen aufnimmt und zeitversetzt wieder abgibt.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die elektronisch gesteuerte Einrichtung (4) in der Lage ist, 10% der Nennleistung des Asynchrongenerators (3) während einiger Sekunden aufzunehmen.

7. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß kurzfristige Leistungsspitzen (8) höherer Ordnung mittels eines passiven Bauelements (10) abgeleitet werden.

8. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Ladung des Zwischenspeichers (7) über ein passives Bauelement (10) abgeleitet wird.

9. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Energieableitung so gesteuert ist, daß eine Leistungsabgabe oberhalb der maximal zulässigen Einspeisungsleistung vermieden wird.

10. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Zwischenspeicher (7) eine Spule ist.

11. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Zwischenspeicher (7) ein Kondensator ist.

12. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das passive Bauelement (10) ein ohmscher Widerstand ist.

13. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Zwischenspeicher (7) ein mechanisches Schwungrad ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

BEST AVAILABLE COPY

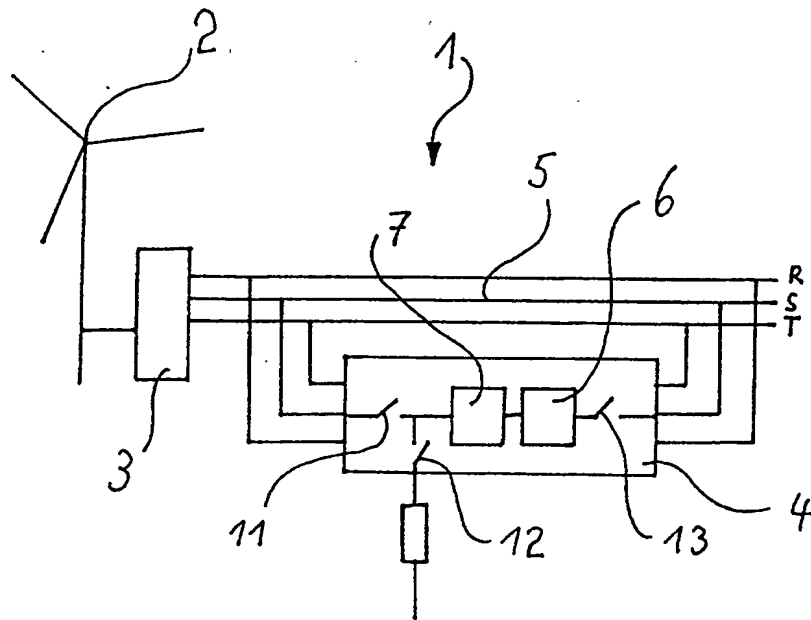


Fig. 1



Fig. 2

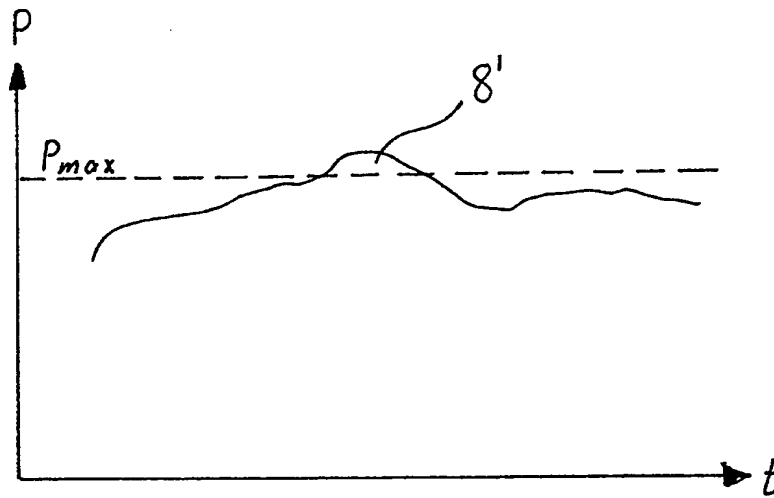


Fig. 3